

PAT-NO: JP409212254A /
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09212254 A
TITLE: CLOCK MARGIN CONTROL DEVICE
PUBN-DATE: August 15, 1997

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
YAMAZAKI, SUSUMU

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
TOSHIBA CORP N/A

APPL-NO: JP08019896
APPL-DATE: February 6, 1996

INT-CL (IPC): G06F001/06, G06F001/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability by stabilizing a clock margin even when the peripheral temperature or impressed voltage of a semiconductor is changed and securing the stability and operation speed of the whole circuit.

SOLUTION: A temperature detection means 1 detects the temperature of a semiconductor element in a semiconductor circuit 8 and sends a temperature detection signal. A temperature comparing means 3 compares the temperature detection signal sent from the means 1 with a prescribed reference temperature signal, detects a difference including the level relation of both the signals and sends a temperature difference signal correspondingly to the detected result. A clock frequency control means 7 reduces the clock

frequency of a
clock signal so as to extend the generation period of the clock
signal when the
temperature detection signal is larger than the reference temperature
signal
based upon the temperature difference signal sent from the means 3
and
increases the clock frequency when the temperature detection signal
is smaller
than the reference temperature signal.

COPYRIGHT: (C)1997, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-212254

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 1/06			G 0 6 F 1/04	3 1 0 A
1/04	3 0 2			3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-19896

(22) 出願日 平成8年(1996)2月6日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山崎 進

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中工場内

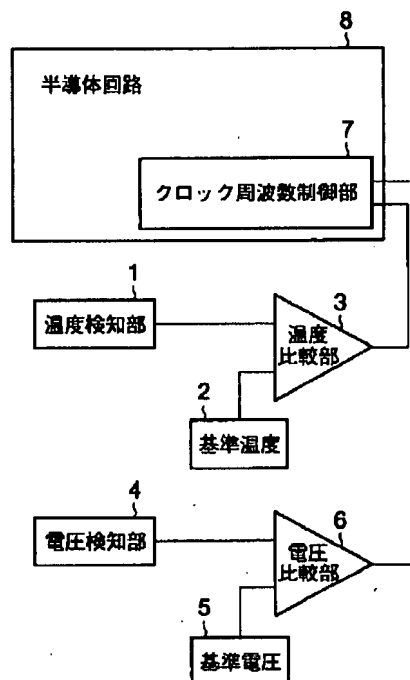
(74) 代理人 弁理士 鈴木 武彦

(54) 【発明の名称】 クロックマージン制御装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、半導体の周囲温度や印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性の向上を図る。

【解決手段】 温度検出手段(1)が、半導体回路(8)の半導体素子の温度を検出して温度検出信号を送出し、温度比較手段(3)が、温度検出手段から送出される温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して温度差分信号を送出し、クロック周波数制御手段(7)が、温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を長くするようにクロック信号のクロック周波数を低下させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、クロック周波数を上昇させるクロックマージン制御装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、前記半導体回路の半導体素子の温度を検出し、この検出結果に対応して温度検出信号を送出する温度検出手段と、

前記温度検出手段から送出される温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して温度差分信号を送出する温度比較手段と、

前記温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも大のとき、前記クロック信号の発生周期を長くするように前記クロック信号のクロック周波数を低下させ、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも小のとき、前記クロック周波数を上昇させるクロック周波数制御手段とを備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項2】 請求項1に記載のクロックマージン制御装置において、

前記クロック周波数制御手段に代えて、前記温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路の印加電圧を上昇させ、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも小のとき、前記印加電圧を低下させる印加電圧制御手段を備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項3】 クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、

前記半導体回路の印加電圧を検出し、この検出結果に対応して電圧検出信号を送出する電圧検出手段と、

前記電圧検出手段から送出される電圧検出信号と所定の基準電圧信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して電圧差分信号を送出する電圧比較手段と、

前記電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも大のとき、前記クロック信号の発生周期を短くするように前記クロック信号のクロック周波数を上昇させ、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも小のとき、前記クロック周波数を低下させるクロック周波数制御手段とを備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項4】 請求項3に記載のクロックマージン制御装置において、

前記クロック周波数制御手段に代えて、前記電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づい

て、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を長くするように前記半導体回路を冷却しながらその冷却温度を上昇させ、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも小のとき、前記冷却温度を低下させる冷却温度制御手段を備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項5】 クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、

前記クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数を検出し、この検出結果に対応して周波数検出信号を送出する周波数検出手段と、

前記周波数検出手段から送出される周波数検出信号と所定の基準周波数信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して周波数差分信号を送出する周波数比較手段と、

前記周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路の印加電圧を上昇させ、前記クロック周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも小のとき、前記印加電圧を低下させる印加電圧制御手段とを備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項6】 請求項5に記載のクロックマージン制御装置において、

前記印加電圧制御手段に代えて、

前記周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路を冷却しながらその冷却温度を低下させ、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも小のとき、前記冷却温度を上昇させる冷却温度制御手段を備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【請求項7】 クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、

前記半導体回路の印加電圧と所定の電圧目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように前記印加電圧を制御する印加電圧制御手段と、

前記半導体回路の半導体素子の温度と所定の温度目標値との差分に基づいて、

この差分を解消するように前記半導体素子の温度を制御する温度制御手段と、

前記クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数と所定の周波数目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように前記クロック周波数を制御する周波数制御手段と、

前記印加電圧、前記半導体素子の温度、前記クロック周波数の3つの要素のうち、少なくとも1つの要素が基準値を越えて変動するとき、前記クロックマージンを安定させるように、残りの要素に対応する前記目標値を変更して該当する前記制御手段に与える目標値変更手段とを備えたことを特徴とするクロックマージン制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、クロック同期式半導体回路に利用されるクロックマージン制御装置に係わり、特に、電圧・温度・クロック周波数のいずれかが変化してもクロックマージンを安定化でき、信頼性を向上し得るクロックマージン制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、種々の分野にて用いられる半導体回路においては、周囲温度の上昇に比例して半導体の接合温度が上昇して熱雑音を発生させ、これにより、動作速度を低下させてしまうことが知られている。また、半導体への印加電圧の増加に伴い、接合面の電界強度が増大して動作速度を増加させることが知られている。

【0003】この種の半導体回路としては、例えば、産業用計算機などに搭載され、複数のフリップフロップ（以下、F/Fという）や論理回路等からなり、各F/Fを共通のクロック信号により同期させるクロック同期式半導体回路が広く用いられている。

【0004】このようなクロック同期式半導体回路では、一定のクロック周波数にて発生するクロック信号を各F/Fに与えるが、このとき、各F/F間を種々の論理回路を介して伝搬する夫々のデジタル信号は互いに異なる伝搬時間をもっている。このため、クロック周波数は、最も遅延するデジタル信号の伝搬時間よりも長いクロック発生周期（ $=1/\text{クロック周波数}$ ）をもつように設定される。なお、最も遅延するデジタル信号の伝搬時間とクロック発生周期との時間差はクロックマージンと呼ばれ、安定な動作の指標となっている。

【0005】ここで、クロックマージンは、周囲温度の上昇に比例して減少し、印加電圧の増加に比例して増大する傾向をもっている。この傾向は、周囲温度を例に挙げて詳述すると、周囲温度の増加により動作速度が低下すると、デジタル信号の伝搬時間が増大し、クロック発生周期との時間差が小さくなることに起因している。

【0006】また、クロックマージンは、その値の大きさに比例して半導体回路全体の動作速度を低下させる性質をもっている。例えば、クロックマージンはクロック発生周期に比例して増加するが、クロック発生周期は半導体回路全体の動作速度を示すからである。

【0007】このようなクロックマージンは、その値の大きさに比例して回路の安定な動作を示すために周囲温度や印加電圧の環境悪化時に合わせて大きく設定する必要があるが、大きく設定し過ぎると、著しく処理速度を

低下させてしまう。よって、適切な値に設定されることが望まれている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら以上のようなクロック同期式半導体回路では、半導体の周囲温度の上昇や印加電圧の低下により、デジタル信号の伝搬時間が増加してクロックマージンを減少させ、回路動作の安定性を低下させてしまう。

【0009】同様に、半導体の周囲温度の低下や印加電圧の増大により、クロックマージンを増大させ、回路全体の動作速度を低下させてしまう。すなわち、半導体の周囲温度や印加電圧の変動により、クロックマージンを変化させ、回路全体の信頼性を低下させる問題がある。

【0010】本発明は上記実情を考慮してなされたもので、半導体の周囲温度や印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上し得るクロックマージン制御装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に対応する発明は、クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、前記半導体回路の半導体素子の温度を検出し、この検出結果に対応して温度検出信号を送出する温度検出手段と、前記温度検出手段から送出される温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して温度差分信号を送出する温度比較手段と、前記温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも大のとき、前記クロック信号の発生周期を長くするように前記クロック信号のクロック周波数を低下させ、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも小のとき、前記クロック周波数を上昇させるクロック周波数制御手段とを備えたクロックマージン制御装置である。

【0012】また、請求項2に対応する発明は、請求項1に対応するクロックマージン制御装置において、前記クロック周波数制御手段に代えて、前記温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路の印加電圧を上昇させ、前記温度検出信号が前記基準温度信号よりも小のとき、前記印加電圧を低下させる印加電圧制御手段を備えたクロックマージン制御装置である。

【0013】なお、この印加電圧制御手段を請求項1に対応する発明に付加してもよい。さらに、請求項3に対応する発明は、クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのク

ロックマージン制御装置であって、前記半導体回路の印加電圧を検出し、この検出結果に対応して電圧検出信号を送出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段から送出される電圧検出信号と所定の基準電圧信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して電圧差分信号を送出する電圧比較手段と、前記電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも大のとき、前記クロック信号の発生周期を短くするように前記クロック信号のクロック周波数を上昇させ、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも小のとき、前記クロック周波数を低下させるクロック周波数制御手段とを備えたクロックマージン制御装置である。

【0014】また、請求項4に対応する発明は、請求項3に対応するクロックマージン制御装置において、前記クロック周波数制御手段に代えて、前記電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を長くするように前記半導体回路を冷却しながらその冷却温度を上昇させ、前記電圧検出信号が前記基準電圧信号よりも小のとき、前記冷却温度を低下させる冷却温度制御手段を備えたクロックマージン制御装置である。

【0015】なお、この冷却温度制御手段を請求項3に対応する発明に付加してもよい。さらに、請求項5に対応する発明は、クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、前記クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数を検出し、この検出結果に対応して周波数検出信号を送出する周波数検出手段と、前記周波数検出手段から送出される周波数検出信号と所定の基準周波数信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して周波数差分信号を送出する周波数比較手段と、前記周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路の印加電圧を上昇させ、前記クロック周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも小のとき、前記印加電圧を低下させる印加電圧制御手段とを備えたクロックマージン制御装置である。

【0016】また、請求項6に対応する発明は、請求項5に対応するクロックマージン制御装置において、前記印加電圧制御手段に代えて、前記周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも大のとき、前記デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように前記半導体回路を冷却しながらその冷却温度を低下させ、前記周波数検出信号が前記基準周波数信号よりも小のとき、前記冷却温

度を上昇させる冷却温度制御手段を備えたクロックマージン制御装置である。

【0017】なお、この冷却温度制御手段を請求項5に対応する発明に付加してもよい。さらに、請求項7に対応する発明は、クロック同期式の半導体回路におけるクロック信号の発生周期とデジタル信号の最大伝搬時間との差であるクロックマージンを一定に制御するためのクロックマージン制御装置であって、前記半導体回路の印加電圧と所定の電圧目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように前記印加電圧を制御する印加電圧制御手段と、前記半導体回路の半導体素子の温度と所定の温度目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように前記半導体素子の温度を制御する温度制御手段と、前記クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数と所定の周波数目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように前記クロック周波数を制御する周波数制御手段と、前記印加電圧、前記半導体素子の温度、前記クロック周波数の3つの要素のうち、少なくとも1つの要素が基準値を越えて変動するとき、前記クロックマージンを安定させるように、残りの要素に対応する前記目標値を変更して該当する前記制御手段に与える目標値変更手段とを備えたクロックマージン制御装置である。

【0018】従って、請求項1に対応する発明は以上のような手段を講じたことにより、温度検出手段が、半導体回路の半導体素子の温度を検出し、この検出結果に対応して温度検出信号を送出し、温度比較手段が、温度検出手段から送出される温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して温度差分信号を送出し、クロック周波数制御手段が、温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を長くするようにクロック信号のクロック周波数を低下させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、クロック周波数を上昇させるので、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0019】また、請求項2に対応する発明は、印加電圧制御手段が、請求項1に対応する温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路の印加電圧を上昇させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、請求項1に対応する作用と同様に、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0020】さらに、請求項3に対応する発明は、電圧検出手段が、半導体回路の印加電圧を検出し、この検出結果に対応して電圧検出信号を送出し、電圧比較手段

が、電圧検出手段から送出される電圧検出信号と所定の基準電圧信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して電圧差分信号を送出し、クロック周波数制御手段が、電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を短くするようにクロック信号のクロック周波数を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、クロック周波数を低下させるので、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0021】また、請求項4に対応する発明は、冷却温度制御手段が、請求項3に対応する電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を長くするように半導体回路を冷却しながらその冷却温度を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、冷却温度を低下させるので、請求項3に対応する作用と同様に、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0022】さらに、請求項5に対応する発明は、周波数検出手段が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数を検出し、この検出結果に対応して周波数検出信号を送出し、周波数比較手段が、周波数検出手段から送出される周波数検出信号と所定の基準周波数信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して周波数差分信号を送出し、印加電圧制御手段が、周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路の印加電圧を上昇させ、クロック周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、半導体回路のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0023】また、請求項6に対応する発明は、冷却温度制御手段が、請求項5に対応する周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路を冷却しながらその冷却温度を低下させ、周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、冷却温度を上昇させるので、請求項5に対応する作用と同様に、半導体回路のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0024】さらに、請求項7に対応する発明は、印加

電圧制御手段が、半導体回路の印加電圧と所定の電圧目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように印加電圧を制御し、温度制御手段が、半導体回路の半導体素子の温度と所定の温度目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように半導体素子の温度を制御し、周波数制御手段が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数と所定の周波数目標値との差分に基づいて、この差分を解消するようにクロック周波数を制御し、目標値変更手段が、印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数の3つの要素のうち、少なくとも1つの要素が基準値を越えて変動するとき、クロックマージンを安定させるように、残りの要素に対応する目標値を変更して該当する上記制御手段に与えるので、半導体回路の印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数のいずれが変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、より一層信頼性を向上させることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

(第1の実施の形態)図1は本発明の第1の実施の形態に係るクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図である。このクロックマージン制御装置は、温度検知部1、基準温度保持部2、温度比較部3、電圧検知部4、基準電圧保持部5、電圧比較部6及びクロック周波数制御部7を備え、このクロック周波数制御部7がクロック同期式の半導体回路8に搭載された構成となっている。

【0026】ここで、温度検知部1は、半導体回路8における半導体の接合温度を検出して温度検出信号を温度比較部3に与える機能を有し、例えば熱電対などが使用可能となっている。

【0027】基準温度保持部2は、半導体回路8の動作時の標準温度に相当する基準温度信号を温度比較部3に与える機能を有し、例えば基準温度信号が電圧値の場合、電源電圧を分圧して基準温度信号を作成する分圧抵抗などが使用可能である。

【0028】温度比較部3は、温度検知部1から受ける温度検出信号と、基準温度保持部2から受ける基準温度信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、標準温度から接合温度がどの程度高いか低いを示す温度差分信号をクロック周波数制御部7に与える機能を有し、例えば演算増幅回路が使用可能となっている。

【0029】電圧検知部4は、半導体回路8に使用される半導体への印加電圧を検出して電圧検出信号を電圧比較部6に与える機能をもっている。基準電圧保持部5は、半導体回路8の動作時の標準電圧に相当する基準電圧信号を電圧比較部6に与える機能を有し、例えば電源電圧の分圧抵抗などが使用可能となっている。

【0030】電圧比較部6は、電圧検知部4から受ける電圧検出信号と、基準電圧保持部2から受ける基準電圧信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、基準電圧から印加電圧がどの程度高いか低いを示す電圧差分信号をクロック周波数制御部7に与える機能を有し、例えば演算増幅器などが使用可能となっている。

【0031】クロック周波数制御部7は、温度比較部3から受ける温度差分信号及び電圧比較部6から受ける電圧差分信号に基づいて、半導体回路7のクロック周波数を制御する機能を有し、例えばPLL回路などが使用可能となっている。

【0032】次に、このようなクロックマージン制御装置の動作を説明する。温度検知部1は、半導体回路8における半導体の接合温度を検出して温度検出信号を温度比較部3に与える。

【0033】基準温度保持部2は、基準温度信号を温度比較部3に与える。温度比較部3は、温度検出信号と、基準温度信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、温度差分信号をクロック周波数制御部7に与える。

【0034】一方これと並行して、電圧検知部4は、半導体回路8に使用される半導体素子への印加電圧を検出して電圧検出信号を電圧比較部6に与える。基準電圧保持部5は、基準電圧信号を電圧比較部6に与える。

【0035】電圧比較部6は、電圧検出信号と、基準電圧信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、電圧差分信号をクロック周波数制御部7に与える。クロック周波数制御部7は、温度比較部3から受ける温度差分信号及び電圧比較部6から受ける電圧差分信号に基づいて、半導体回路8のクロック周波数を制御する。

【0036】すなわち、クロック周波数制御部7は、接合温度に比例して温度差分信号が大のときにはクロック周波数を低下させ、温度差分信号が小のときにはクロック周波数を高くする。

【0037】また、クロック周波数制御部7は、印加電圧に比例して電圧差分信号が大のときにはクロック周波数を高くし、電圧差分信号が小のときにはクロック周波数を低下させる。

【0038】これにより、余分なクロックマージンを減らし、クロック周波数を高くすることにより性能を向上させたり、クロックマージンを安定化させることにより、信頼性を向上させることができる。

【0039】上述したように第1の実施の形態によれば、温度検知部1が、半導体回路8の半導体素子の温度を検出し、この検出結果に対応して温度検出信号を送出し、温度比較部3が、この温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大小関係を含む温度差分信号を送出し、クロック周波数制御部7が、温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を長くするようにクロック信号のクロック周波数を低下させ、温度検出信号が基準

温度信号よりも小のとき、クロック周波数を上昇させるので、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0040】また、電圧検知部4が、半導体回路8の印加電圧を検出して電圧検出信号を送出し、電圧比較部6が、電圧検出信号と所定の基準電圧信号とを比較して両信号の大小関係を含む電圧差分信号を送出し、クロック周波数制御部7が、電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を短くするようにクロック信号のクロック周波数を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、クロック周波数を低下させるので、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

(第2の実施の形態)次に、本発明の第2の実施の形態に係るクロックマージン制御装置について説明する。図2はこのクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図であり、図1と同一部分には同一符号を付し、ほぼ同一部分にはaの添字を付してその詳しい説明は省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0041】すなわち、本実施の形態装置は、第1の実施の形態の変形構成であり、具体的には図2に示すように、電圧検知部4、基準電圧保持部5、電圧比較部6及びクロック周波数制御部7に代えて、周波数検知部11、基準周波数保持部12、周波数比較部13及び印加電圧制御部14を備えている。

【0042】ここで、周波数検知部11は、半導体回路8の動作中のクロック周波数を検出して周波数検出信号を周波数比較部13に与える機能をもっている。基準周波数保持部12は、半導体回路8の標準のクロック周波数に相当する基準周波数信号を周波数比較部13に与える機能をもっている。

【0043】周波数比較部13は、周波数検知部11から受ける周波数検出信号と、基準周波数保持部12から受ける基準周波数信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、標準のクロック周波数から動作中のクロック周波数がどの程度高いか低いを示す周波数差分信号を印加電圧制御部14に与える機能をもっている。

【0044】温度比較部3aは、温度検知部から受ける温度検出信号と、基準温度保持部から受ける基準温度信号とを比較し、両信号の差分に基づいて温度差分信号を印加電圧制御部14に与える機能をもっている。

【0045】印加電圧制御部14は、周波数比較部13から受ける周波数差分信号及び温度比較部3aから受ける電圧差分信号に基づいて、半導体回路8への印加電圧を制御する機能をもっている。

【0046】次に、このようなクロックマージン制御装

置の動作を説明する。周波数検知部11は、半導体回路8の動作中のクロック周波数を検出して周波数検出信号を周波数比較部13に与える。

【0047】基準周波数保持部12は、半導体回路8の標準のクロック周波数に相当する基準周波数信号を周波数比較部13に与える。周波数比較部13は、周波数検出信号と、基準周波数信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、周波数差分信号を印加電圧制御部14に与える。

【0048】一方これと並行して、温度比較部3aは、温度検知部1から受ける温度検出信号と、基準温度保持部2から受ける基準温度信号とを比較し、両信号の差分に基づいて温度差分信号を印加電圧制御部14に与える。

【0049】印加電圧制御部14は、周波数比較部13から受ける周波数差分信号及び温度比較部3aから受ける電圧差分信号に基づいて、半導体回路8への印加電圧を制御する。

【0050】すなわち、印加電圧制御部14は、動作中のクロック周波数に比例して周波数差分信号が大のときには印加電圧を増加させ、周波数差分信号が小のときには印加電圧を低下させる。これにより、クロック周波数が変動しても、クロックマージンの低減を阻止することができる。

【0051】また、クロック周波数制御部14は、周囲温度に比例して温度差分信号が大のときには印加電圧を高くし、温度差分信号が小のときには印加電圧を低下させる。これにより、周囲温度が変動しても、クロックマージンを一定に保持することができる。

【0052】上述したように第2の実施の形態によれば、印加電圧制御部14が、温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路8の印加電圧を上昇させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、第1の実施形態と同様に、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0053】また、周波数検知部11が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数を検出して周波数検出信号を送出し、周波数比較部13が、周波数検出信号と所定の基準周波数信号とを比較して両信号の大小関係を含む周波数差分信号を送出し、印加電圧制御部14が、周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路の印加電圧を上昇させ、クロック周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、半導体回路8のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信

頼性を向上させることができる。

(第3の実施の形態)次に、本発明の第3の実施の形態に係るクロックマージン制御装置について説明する。図3はこのクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図であり、図1及び図2と同一部分には同一符号を付し、ほぼ同一部分にはaの添字を付してその詳しい説明は省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0054】すなわち、本実施の形態装置は、第1の実施の形態の変形構成であり、具体的には図3に示すように、温度検知部1、基準温度保持部2、温度比較部3及びクロック周波数制御部7に代えて、周波数検知部11、基準周波数保持部12、周波数比較部13a及び冷却温度制御部21を備えている。

【0055】ここで、周波数比較部13aは、周波数検知部11から受ける周波数検出信号と、基準周波数保持部12から受ける基準周波数信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、標準のクロック周波数から動作中のクロック周波数がどの程度高いか低いを示す周波数差分信号を冷却温度制御部21に与える機能をもっている。

【0056】電圧比較部6aは、電圧検知部4から受ける電圧検出信号と、基準電圧保持部5から受ける基準電圧信号とを比較し、両信号の差分に基づいて、基準電圧から印加電圧がどの程度高いか低いを示す電圧差分信号を冷却温度制御部21に与える機能をもっている。

【0057】冷却温度制御部21は、周波数比較部13aから受ける周波数差分信号及び電圧比較部6aから受ける電圧差分信号に基づいて、半導体回路21を冷却しながらその冷却温度を制御する機能を有し、例えばパルチェ素子や冷却フィンなどが使用可能となっている。

【0058】次に、このようなクロックマージン制御装置の動作を説明する。周波数比較部13aは、周波数検知部11から受ける周波数検出信号と、基準周波数保持部12から受ける基準周波数信号とを比較し、両信号の差分に基づいて周波数差分信号を冷却温度制御部21に与える。

【0059】電圧比較部6aは、電圧検知部4から受ける電圧検出信号と、基準電圧保持部5から受ける基準電圧信号とを比較し、両信号の差分に基づいて電圧差分信号を冷却温度制御部21に与える。

【0060】冷却温度制御部21は、周波数差分信号及び電圧差分信号に基づいて、半導体回路8の冷却温度を制御する。すなわち、冷却温度制御部21は、動作中のクロック周波数に比例して周波数差分信号が大のときには冷却温度を高い値に制御して冷却の度合を弱め、周波数差分信号が小のときには冷却温度を低い値に制御して冷却の度合を強める。

【0061】また、冷却温度制御部21は、印加電圧に比例して電圧差分信号が大のときには冷却温度を高い値に制御して冷却の度合を弱め、電圧差分信号が小のとき

には冷却温度を低い値に制御して冷却の度合を強める。

【0062】これにより、クロックマージンを安定化させ、信頼性を向上させることができる。上述したように第3の実施の形態によれば、冷却温度制御部21が、周波数比較部13aから送出される周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路8を冷却しながらその冷却温度を低下させ、周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、冷却温度を上昇させるので、第2の実施の形態と同様に、半導体回路のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

【0063】また、冷却温度制御部21が、電圧比較部6aから送出される電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を長くするように半導体回路8を冷却しながらその冷却温度を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、冷却温度を低下させるので、第1の実施の形態と同様に、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上させることができる。

(第4の実施の形態)次に、本発明の第4の実施の形態に係るクロックマージン制御装置について説明する。図4はこのクロックマージン制御装置の概略構成を示すブロック図である。このクロックマージン制御装置は、印加電圧制御部30、冷却温度制御部40及びクロック周波数制御部50に個別に接続された制御目標設定部60を備えている。

【0064】ここで、印加電圧制御部30は、電圧検知部31、電圧比較部32及び電圧変化部33を有し、制御目標設定部60から受ける電圧目標値に基づいて、半導体回路の印加電圧を制御する機能をもっている。

【0065】電圧検知部31は、半導体回路の印加電圧を電圧変化部33から検出し、電圧検出信号を制御目標設定部60及び電圧比較部32に与えるものである。電圧比較部32は、電圧検知部31から受ける電圧検出信号と、制御目標設定部60から受ける電圧目標値とを比較し、両信号の差分を示す電圧差分信号を電圧変化部33に与えるものである。

【0066】電圧変化部33は、電圧比較部32から受ける電圧差分信号を零にするように、半導体回路の印加電圧を変化させる機能をもっている。冷却温度制御部40は、温度検知部41、温度比較部42及び温度変化部43を有し、制御目標設定部60から受ける温度目標値に基づいて、半導体回路の周囲温度を制御する機能をもっている。

【0067】温度検知部41は、半導体回路の周囲温度を温度変化部33から検出し、温度検出信号を制御目標

設定部60及び温度比較部42に与えるものである。温度比較部42は、温度検知部41から受ける温度検出信号と、制御目標設定部60から受ける温度目標値とを比較し、両信号の差分を示す温度差分信号を温度変化部43に与えるものである。

【0068】温度変化部43は、温度比較部42から受ける温度差分信号を零にするように、半導体回路の周囲温度を変化させる機能をもっている。クロック周波数制御部50は、周波数検知部51、周波数比較部52及び周波数変化部53を有し、制御目標設定部60から受ける周波数目標値に基づいて、半導体回路のクロック周波数を制御する機能をもっている。

【0069】周波数検知部51は、半導体回路のクロック周波数を周波数変化部53から検出し、周波数検出信号を制御目標設定部60及び周波数比較部52に与えるものである。

【0070】周波数比較部52は、周波数検知部51から受ける周波数検出信号と、制御目標設定部60から受ける周波数目標値とを比較し、両信号の差分を示す周波数差分信号を周波数変化部53に与えるものである。

【0071】周波数変化部53は、周波数比較部52から受ける周波数差分信号を零にするように、半導体回路のクロック周波数を変化させる機能をもっている。制御目標設定部60は、電圧検知部31、温度検知部41及び周波数検知部51から個別に受ける夫々の検出信号に基づいて、電圧比較部32、温度比較部42及び周波数比較部52に個別に夫々の目標値を与える機能をもっている。

【0072】また、制御目標設定部60は、印加電圧、周囲温度、クロック周波数という3つの要素の検出信号（電圧検出信号、温度検出信号、周波数検出信号）のうち、少なくとも1つの要素の検出信号とその目標値との差分が大となると、クロックマージンを安定させる方向に残りの要素の目標値を設定変更してその比較部に与える機能をもっている。なお、目標値の設定変更としては、回路の動作を安定させる観点から、周囲温度、印加電圧、クロック周波数の優先順位に従って変更させることが好ましい。また、差分が大であるか否かは、所定の基準値との比較により判定可能である。

【0073】さらに、制御目標設定部60は、検出信号と目標値との差分の大であった要素が正常に機能してこの差分が小となると、残りの要素の目標値を標準に戻すように設定変更してその比較部に与える機能をもっている。

【0074】次に、このようなクロックマージン制御装置の動作を説明する。印加電圧制御部30、冷却温度制御部40及びクロック周波数制御部50は、夫々制御目標設定部60から個別に与えられる目標値に基づいて、印加電圧、周囲温度及びクロック周波数のうちで対応する要素を制御している。

【0075】このとき、例えば半導体素子の周囲温度が大きく上昇して冷却温度制御部40では制御不可となったとする。制御目標設定部60は、冷却温度制御部40から受ける温度検出信号と、自己が与える温度目標値とに基づいて、温度検出信号と温度目標値との差分が大であることを検出し、この差分の大きさに対応してクロックマージンを大きくするように、電圧目標値を高くして印加電圧制御部30内の電圧比較部32に与えると共に、周波数目標値を高くしてクロック周波数制御部50内の周波数比較部52に与える。

【0076】これにより、クロックマージンを安定させることができる。また、制御目標設定部60は、温度検出信号と温度目標値との差分が小に復帰すると、この差分に対応してクロックマージンを小さくするように、電圧目標値を標準に向けて低くして印加電圧制御部30内の電圧比較部32に与えると共に、周波数目標値を標準に向けて低くしてクロック周波数制御部50内の周波数比較部52に与える。

【0077】これにより、クロックマージンを安定させつつ、半導体回路を通常の動作状態に復帰させることができる。上述したように第4の実施の形態によれば、印加電圧制御部30が、半導体回路の印加電圧と所定の電圧目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように印加電圧を制御し、冷却温度制御部40が、半導体回路の半導体素子の温度と所定の温度目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように半導体素子の温度を制御し、クロック周波数制御部50が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数と所定の周波数目標値との差分に基づいて、この差分を解消するようにクロック周波数を制御し、制御目標設定部60が、印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数の3つの要素のうち、少なくとも1つの要素が基準値を越えて変動するとき、クロックマージンを安定させるように、残りの要素に対応する目標値を変更して該当する上記制御部に与えるので、半導体回路の印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数のいずれが変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、より一層信頼性を向上させることができる。

(他の実施の形態)なお、上記第4の実施の形態では、変動する要素を周囲温度とし、残りの制御される要素を印加電圧及びクロック周波数とする場合について説明したが、要素の組合せを変更しても、本発明を同様に実施して同様の効果を得ることができる。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように請求項1の発明によれば、温度検出手段が、半導体回路の半導体素子の温度を検出し、この検出結果に対応して温度検出信号を送出し、温度比較手段が、温度検出手段から送出される温度検出信号と所定の基準温度信号とを比較して両信号の大

小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して温度差分信号を送出し、クロック周波数制御手段が、温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を長くするようにクロック信号のクロック周波数を低下させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、クロック周波数を上昇させるので、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0079】また、請求項2の発明によれば、印加電圧制御手段が、請求項1の温度比較手段から送出される温度差分信号に基づいて、温度検出信号が基準温度信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路の印加電圧を上昇させ、温度検出信号が基準温度信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、請求項1と同様に、半導体の周囲温度が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0080】さらに、請求項3の発明によれば、電圧検出手段が、半導体回路の印加電圧を検出し、この検出結果に対応して電圧検出信号を送出し、電圧比較手段が、電圧検出手段から送出される電圧検出信号と所定の基準電圧信号とを比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して電圧差分信号を送出し、クロック周波数制御手段が、電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、クロック信号の発生周期を短くするようにクロック信号のクロック周波数を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、クロック周波数を低下させるので、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0081】また、請求項4の発明によれば、冷却温度制御手段が、請求項3の電圧比較手段から送出される電圧差分信号に基づいて、電圧検出信号が基準電圧信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を長くするように半導体回路を冷却しながらその冷却温度を上昇させ、電圧検出信号が基準電圧信号よりも小のとき、冷却温度を低下させるので、請求項3と同様に、半導体の印加電圧が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0082】さらに、請求項5の発明によれば、周波数検出手段が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数を検出し、この検出結果に対応して周波数検出信号を送出し、周波数比較手段が、周波数検出手段から送出される周波数検出信号と所定の基準周波数信号と

を比較して両信号の大小関係を含む差分を検出し、この検出結果に対応して周波数差分信号を送出し、印加電圧制御手段が、周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路の印加電圧を上昇させ、クロック周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、印加電圧を低下させるので、半導体回路のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0083】また、請求項6の発明によれば、冷却温度制御手段が、請求項5の周波数比較手段から送出される周波数差分信号に基づいて、周波数検出信号が基準周波数信号よりも大のとき、デジタル信号の最大伝搬時間を短くするように半導体回路を冷却しながらその冷却温度を低下させ、周波数検出信号が基準周波数信号よりも小のとき、冷却温度を上昇させるので、請求項5と同様に、半導体回路のクロック周波数が変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、もって、信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【0084】さらに、請求項7の発明によれば、印加電圧制御手段が、半導体回路の印加電圧と所定の電圧目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように印加電圧を制御し、温度制御手段が、半導体回路の半導体素子の温度と所定の温度目標値との差分に基づいて、この差分を解消するように半導体素子の温度を制御し、周波数制御手段が、クロック信号の発生周期の逆数であるクロック周波数と所定の周波数目標値との差分に基づいて、この差分を解消するようにクロック周波数を制御し、目標値変更手段が、印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数の3つの要素のうち、少なくとも1つの要素が基準値を越えて変動するとき、クロックマージンを安定させるように、残りの要素に対応する目標値を変

更して該当する上記制御手段に与えるので、半導体回路の印加電圧、半導体素子の温度、クロック周波数のいずれが変動してもクロックマージンを安定させ、回路全体の安定性や動作速度を確保し、より一層信頼性を向上できるクロックマージン制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図。

【図2】本発明の第2の実施の形態に係るクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図。

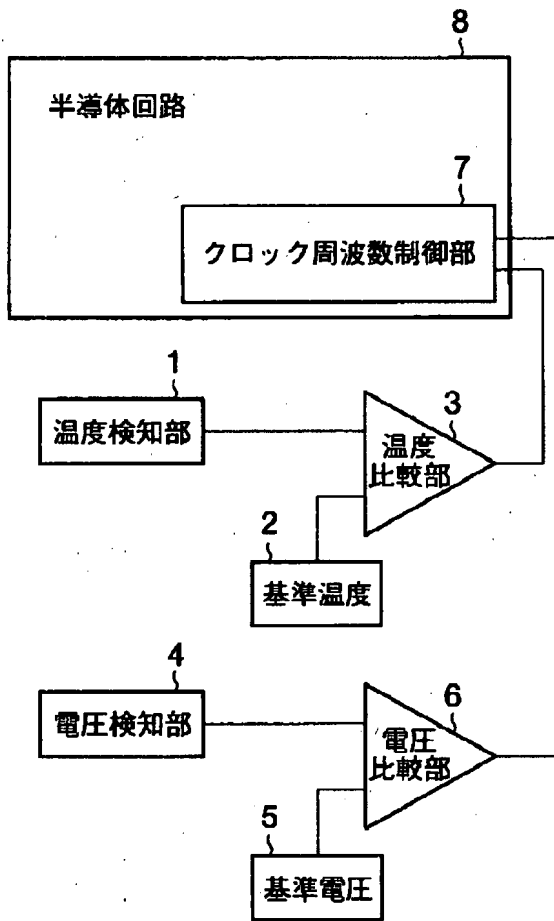
【図3】本発明の第3の実施の形態に係るクロックマージン制御装置及びその適用されるクロック同期式の半導体回路の概略構成を示すブロック図。

【図4】本発明の第4の実施の形態に係るクロックマージン制御装置の概略構成を示すブロック図。

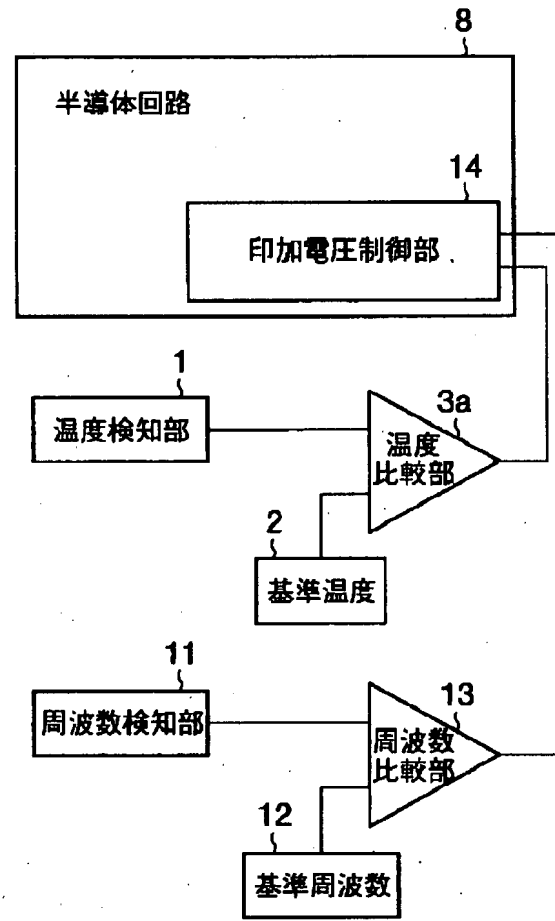
【符号の説明】

- 1, 41…温度検知部、
- 2…基準温度保持部、
- 3, 3a, 42…温度比較部、
- 4, 31…電圧検知部、
- 5…基準電圧保持部、
- 6, 6a, 32…電圧比較部、
- 7, 50…クロック周波数制御部、
- 8…半導体回路、
- 11, 51…周波数検知部、
- 12…基準周波数保持部、
- 13, 13a, 52…周波数比較部、
- 14, 30…印加電圧制御部、
- 21, 40…冷却温度制御部、
- 33…電圧変化部、
- 43…温度変化部、
- 53…周波数変化部、
- 60…制御目標設定部。

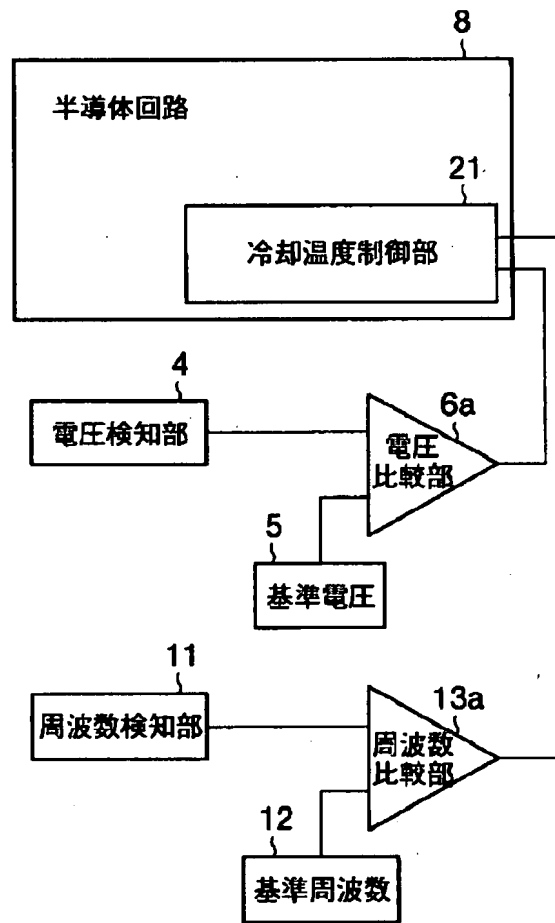
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

